

19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

12 Übersetzung der  
europäischen Patentschrift  
87 EP 0 605 660 B 1  
10 DE 692 27 915 T 2

51 Int. Cl.<sup>6</sup>: D3  
B 22 D 17/12  
B 22 D 17/14

21	Deutsches Aktenzeichen:	692 27 915.6
86	PCT-Aktenzeichen:	PCT/US92/08177
86	Europäisches Aktenzeichen:	93 906 310.3
87	PCT-Veröffentlichungs-Nr.:	WO 93/05910
86	PCT-Anmeldetag:	22. 9. 92
87	Veröffentlichungstag der PCT-Anmeldung:	1. 4. 93
87	Erstveröffentlichung durch das EPA:	13. 7. 94
87	Veröffentlichungstag der Patenterteilung beim EPA:	16. 12. 98
47	Veröffentlichungstag im Patentblatt:	27. 5. 99

30 Unionspriorität:  
764367 23. 09. 91 US

73 Patentinhaber:  
Gibbs Die Casting Aluminum Corp., South  
Henderson, Ky., US

74 Vertreter:  
PAe Reinhard, Skuhra, Weise & Partner, 80801  
München

84 Benannte Vertragsstaaten:  
CH, DE, FR, GB, IT, LI

72 Erfinder:  
DRURY, Paul E., Henderson, KY 42042, US; EVANS,  
James M., Evansville, IN 47714, US; BUCKMAN,  
Stephen W., Waverly, KY 42462, US; GIBBS, Roland  
N., Henderson, KY 42420, US

54 GIESSVERFAHREN

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

DE 692 27 915 T 2

DE 692 27 915 T 2

BEST AVAILABLE COPY

## Giessverfahren

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf ein Gußverfahren der im Oberbegriff des Anspruchs 1 angegebene Art und insbesondere auf die Bereitstellung eines Hochdruck-Druckgußverfahrens, welches verglichen mit Schmieden und anderen teureren Gußverfahren außerordentlich feinkörnige, blasenfreie und reine Gußstücke erzeugt. Insbesondere bezieht sich die vorliegende Erfindung auf einen verbesserten Preßguß oder einen Preßdruckguß bei dem Drücke von 690 - 1380 bar (12,000 bis 20,000 psi) oder sogar höher auf einen Schußkolben oder Kolben einwirken, um das Metall in die Druckgußform zu pressen. Das Verfahren kann zur Herstellung von wärmebehandelbaren, legierten Aluminium Gußstücken benutzt werden.

Druckgußverfahren sind allgemein bekannt. Das besondere Druckgußverfahren der vorliegenden Erfindung benutzt eine neuartige Kombination bekannter Druckgußverfahrensmerkmale und Maschinen, die in der Industrie allgemein bekannt sind, aber die hier detailliert beschrieben werden müssen, um den notwendigen Hintergrund zu bilden. Zu diesen allgemein bekannten Druckgußverfahrensmerkmalen und Maschinen fügt die vorliegende Erfindung erfinderische Überwachungsmerkmale und Verfahrensregelungen hinzu, mit dem Ziel, die erkennbar verbesserte Druckguß-Ergebnisse zu erzielen. Es wird angenommen, daß bisher niemand eine solche neuartige Kombination von Verfahrensmerkmalen und Verfahrensregelungen vorgenommen hat, und daß bisher niemand solch eine gute Gußgefügeereinheit mit geringen Kosten, hoher Geschwindigkeit und hohem Ausstoß bei Druckgußtechniken erzielt hat.

Beim herkömmlichem Druckguß besitzt die Metallformanordnung mindestens zwei Teile mit einem Formhohlraum darin, in den geschmolzenes Metall mittels eines Schußkolbens gedrückt wird, um den Hohlraum zu füllen, in dem das Metall unter Einnahme der Form des Hohlraumes erstarrt. Die Vorteile eines solchen Druckgusses sind allgemein bekannt, insbesondere, da sie mit hoher

Mengenproduktion und geringen Kosten einhergehen. Die Nachteile des Druckgusses sind ebenfalls bekannt, da in üblicher Weise hergestellte Druckgußstücke Gefügebegrenzungen, hohe Porosität usw. aufweisen. Sogar die besten Druckgußverfahren produzierten vor der vorliegenden Erfindung Metallteile mit einer gewissen Porosität und anderen Problemen mit der Gefügereinheit. Teile aus Aluminiumlegierungen, die mit solchen Verfahren hergestellt sind, sind üblicherweise nicht für eine Wärmebehandlung mit hohen Temperaturen geeignet.

In dieser Beschreibung und in den beigefügten Ansprüchen werden die folgenden Begriffe und ihre Bedeutung verwendet, sofern nicht anderweitig besonders angegeben:

Druckguß: Ein Verfahren, bei dem geschmolzenes Metall aus einer Schußhülse in einen in und von Metallmatrizen geformten Formhohlraum gedrückt wird, damit das Metall in dem Hohlraum unter Annahme von dessen Form erkaltet.

Preßdruckguß: Ein Druckgußverfahren, bei dem das geschmolzene Metall unter außerordentlich hohem Druck im Bereich von etwa 690 - 1380 bar (10,000 - 20,000 psi) oder sogar höher auf den Schußhülsenkolben, welcher das Metall zuführt, in den Formhohlraum gedrückt wird. Dieser hohe Druck wird während das Metall noch geschmolzen ist, zumindest in dem Metalleingußkanal verwendet, welcher den Hohlraum mit der Schußhülse verbindet.

Vakuumdruckguß: Das Verfahren, bei dem ein Vakuum in dem Formhohlraum und in den Zuführungen (Hauptkanalsystem einschließlich Schußhülse und Transportrohr zu dem Brennofen) erzeugt wird, wodurch das geschmolzene Metall unter Verdrängung der Luft zugeführt wird, die sonst von dem geschmolzenen Metall eingeschlossen werden könnte.

Vakuumbeschicken: Das Verfahren, das das Vakuumsystem benutzt, welches den Hohlraum und das Hauptkanalsystem evakuiert und

weiterhin das vom Kolben, der das Metall in den Hohlraum drückt, beaufschlagte geschmolzene Metall in die Schußhülse drückt.

Kleine Eingußkanäle: Die Kanäle, durch die das geschmolzene Metall in den Formhohlraum gedrückt wird, werden als kleine Kanäle bezeichnet, wenn sie eine Querschnittsfläche von weniger als etwa  $1,29 \text{ cm}^2$  ( $0.2 \text{ in}^2$ ), insbesondere weniger als  $0,97 \text{ cm}^2$  ( $0.15 \text{ in}^2$ ) aufweisen. Beispielsweise können kleine Eingußkanäle  $2,54 \text{ cm}$  ( $1 \text{ in}$ ) breit und  $0,15 \text{ cm}$  ( $.060 \text{ in}$ ) bis  $0,32 \text{ cm}$  ( $.125 \text{ in}$ ) hoch sein, möglicherweise nur  $1,91 \text{ cm}$  ( $0.75 \text{ in}$ ) breit oder ein Kanal, der im Durchmesser kreisförmig ist, mit einem Durchmesser von etwa  $0,32 \text{ cm}$  ( $.125 \text{ in}$ ) bis  $0,44 \text{ cm}$  ( $.175 \text{ in}$ ), mit anderen Worten, Kanäle, die üblicherweise bei herkömmlichem Druckguß verwendet werden.

Große Eingußkanäle: Im Gegensatz dazu ist ein großer Eingußkanal ein Kanal mit einer Querschnittsfläche größer als  $1,61 \text{ cm}^2$  ( $0.25 \text{ in}^2$ ); zum Beispiel kann er  $2,54 \text{ cm}$  ( $1 \text{ in}$ ) breit und  $1,52 \text{ cm}$  ( $.60 \text{ in}$ ) hoch sein.

Vakuumkanal: Der sehr kleine, von dem Hohlraum führende Kanal, durch den das Vakuum abgezogen wird. Er hat üblicherweise eine Querschnittsfläche von weniger als  $0,65 \text{ cm}^2$  ( $0.1 \text{ in}^2$ ) und kann zum Beispiel etwa  $1,27 \text{ cm}$  ( $.500 \text{ in}$ ) breit und etwa  $0,08 \text{ cm}$  ( $.030 \text{ in}$ ) bis  $0,15 \text{ cm}$  ( $.060 \text{ in}$ ) hoch sein.

Langsame Kanalgeschwindigkeit: Der Fluß des geschmolzenen Metalls durch den Eingußkanal wird als langsam bezeichnet, wenn die Geschwindigkeit etwa  $0,03 \text{ m}$  ( $0.1 \text{ feet}$ ) pro Sekunde bis  $6,1 \text{ m}$  ( $20 \text{ feet}$ ) oder  $7,6 \text{ m}$  ( $25 \text{ feet}$ ) pro Sekunde beträgt.

Hohe Kanalgeschwindigkeit: Der Fluß des geschmolzenen Metalls durch den Eingußkanal wird als hoch bezeichnet, wenn die Geschwindigkeit im Bereich von etwa  $12,2 \text{ m}$  ( $40 \text{ feet}$ ) pro Sekunde bis  $45,7 \text{ m}$  ( $150 \text{ feet}$ ) pro Sekunde oder sogar höher beträgt.

Schußhülse: Die Hülse oder der Zylinder, in den das geschmolzene Metall vom Brennofen abgezogen oder vakuumbeschickt wird, um vom Schußkolben durch den Eingußkanal in den Formhohlraum geführt zu werden. Die Schußhülse ist über ein Zuführrohr mit dem geschmolzenen Metall im Brennofen verbunden. In einigen Fällen wird die Schußhülse auch als Einspritzzylinder bezeichnet.

Verstärkungsbolzen: Die Bolzen werden benutzt, um den Druck auf das geschmolzene Metall in dem Formhohlraum zu erhöhen, nachdem der kleine in den Hohlraum führende Eingußkanal erkaltet ist (Metall erstarrt), aber bevor die dickeren Abschnitte erkaltet sind. Die Verstärkungsbolzen werden in den Formhohlraum gefahren, um einen besonders hohen örtlichen Druck auf die dickeren, von den Bolzen durchsetzten Abschnitte auszuüben.

Schwerkraftguß: Ist ein Gußverfahren, bei dem das geschmolzene Metall in Formhöhlräume gegossen wird und umfaßt verlorene Schaumguß-, Dauerformguß-, Sandguß- und verlorene Wachsgußverfahren. Einige Aluminiumlegierungen wurden in der Vergangenheit zuerst in Dauerformguß gegossen, um hochwertige Teile herzustellen, können jetzt aber in Übereinstimmung mit dem Verfahren nach der vorliegenden Erfindung gegossen werden und anschließend mit hoher Temperatur wärmebehandelt werden. Solch ein Aluminium ist eine 390 Aluminiumlegierung, die einen hohen Silikon Gehalt hat.

Schmieden: Ist ein Verfahren, bei dem große Hitze und hohe Aufprallschläge ein Metallstück in eine besondere Form zwingen, um ein Produkt hoher Qualität herzustellen. Schmieden und Schwerkraftguß werden hier erwähnt, um eine Vergleichsbasis zu schaffen, mit Hilfe derer die geringen Kosten und die große Menge der in Übereinstimmung mit der vorliegenden Erfindung hergestellten Druckgußteile bevorzugt vergleichbar sind.

T-6 Wärmebehandlung: Ist ein allgemein bekanntes Wärmebehandlungsverfahren, das überall zur Wärmebehandlung von Aluminiumlegierungsgüssen, hergestellt in Dauerformhohlraumverfahren oder durch Schmiedeverfahren verwendet wird. In der Aluminiumgußindustrie ist es überliefertes Wissen, daß nach überlieferter Art hergestellte Aluminiumteile nicht nach dem T-6 Wärmebehandlungsverfahren wärmebehandelt werden können. Das Verfahren beinhaltet, die Teile auf einer hohen Temperatur von 493°C (920°F) bis zu 496°C (925°F) über eine lange Zeit, üblicherweise bis zu 12 Stunden, zu lassen, danach mit Wasser abzuschrecken, und nach 24 Stunden einer zweiten Wärmebehandlung bei etwa 177°C (350°F) für etwa 8 Stunden zu unterziehen. Man nimmt an, daß dieses T-6 Wärmebehandlungsverfahren das Kupfer und Magnesium veranlaßt, in Auflösung überzugehen und so die Mikrostruktur härter und fester und außerdem die Silikonanteile weniger nadelförmig macht. Die Industrie nimmt an, daß konventionelle Druckgußteile wegen der Porosität, die Blasen erzeugen wird, nicht mit dem T-6 Wärmebehandlungsverfahren wärmebehandelt werden können.

Kaltwasserabschreckung: Ist ein Abschreckverfahren im Zusammenhang mit dem T-6 Wärmebehandlungsverfahren, bei dem üblicherweise Wasser mit 93°C (200°F) verwendet wird. Kaltwasserabschreckung umfaßt Abschrecken in Wasser bei beispielsweise 38°C (100°F) bis 49°C (120°F) in einer kurzen Zeitspanne von beispielsweise 10 Sekunden oder so, nachdem das Teil aus dem Brennofen herausgenommen ist, wo es bei 493°C (920°F) bis 496°C (952°F) gehalten wurde.

Vertikalguß Maschinen: Sind bekannte Gußmaschinen, die im Handel wegen ihrer vertikalen Ausrichtung bekannt sind, insbesondere eine Ausrichtung, bei der die oberen und unteren Formen vorzugsweise von oberen und unteren Platten getragen sind, um eine Vielzahl von Formhohlräumen vorzusehen, die an der Außenseite beabstandet um eine vertikale Mittelachse mit vertikal angeordneter Schußhülse und Einspritzkolben angeordnet sind, um

das geschmolzene Metall aufwärts in die konzentrisch angeordneten Formhohlräume zu drücken.

Hochtemperaturmetall: Ist ein Metall, das in einem Gußbrennofen bei einer Temperatur gut oberhalb der Temperatur gehalten ist, bei welcher das Metall zu erstarren beginnt, ungefähr  $93^{\circ}\text{C}$  ( $200^{\circ}\text{F}$ ) oder mehr oberhalb dieser Temperatur, und bei dieser hohen Temperatur in den Formhohlraum eingespritzt wird. Zum Beispiel hat eine 390 Aluminiumlegierung einen Verfestigungspunkt von  $507^{\circ}\text{C}$  ( $945^{\circ}\text{F}$ ) und beginnt bei  $649^{\circ}\text{C}$  ( $1200^{\circ}\text{F}$ ) zu erstarren. Deshalb wird eine Hochtemperatur-390-Aluminiumlegierung bei einer Temperatur von  $760^{\circ}\text{C}$  ( $1400^{\circ}\text{F}$ ) oder mehr gehalten.

Niedrigtemperaturmetall: Ist Metall, das in einem Gußbrennofen bei einer Temperatur nicht höher als etwa  $38^{\circ}\text{C}$  ( $100^{\circ}\text{F}$ ) oberhalb der Temperatur gehalten ist, bei welcher das Metall zu erstarren beginnt und üblicherweise nicht mehr als  $-9^{\circ}\text{C}$  ( $15^{\circ}\text{F}$ ) bis  $10^{\circ}\text{C}$  ( $50^{\circ}\text{F}$ ) oberhalb der Temperatur gehalten ist, bei welcher das Metall zu erstarren beginnt und bei dieser niedrigen Temperatur in den Formhohlraum eingespritzt wird. Die Temperaturdifferenz zwischen dem Verfestigungspunkt des Metalls und dem Punkt, an dem das Metall zu erstarren beginnt, ist abhängig von der Zusammensetzung der Metallegierung. Grundsätzlich liegt sie bei Aluminiumlegierungen bei etwa  $-9^{\circ}\text{C}$  ( $15^{\circ}\text{F}$ ) bis etwa  $121^{\circ}\text{C}$  ( $250^{\circ}\text{F}$ ).

Es ist bekannt, Preßdruckguß von Aluminiumlegierungen unter Benutzung von großen Metalleingußkanälen, niedrigen Kanalgeschwindigkeiten, hohen Temperaturen und Preßdrücken am Schußkolben in einem Bereich von 690 bis 1380 bar (10,000 bis 20,000 psi) auf das Metall durchzuführen. Diese Preßdruckgüsse benutzen, wie berichtet wird, geschmolzenes Metall hoher Temperatur, zum Beispiel im Bereich von  $793^{\circ}\text{C}$  ( $1460^{\circ}\text{F}$ ), niedrige Kanalgeschwindigkeiten mit großen Metalleingußkanälen. Das Metall, das bei  $793^{\circ}\text{C}$  ( $1460^{\circ}\text{F}$ ) eingespritzt wird, was ungefähr  $93^{\circ}\text{C}$  ( $200^{\circ}\text{F}$ )

oberhalb des Punktes ist, bei dem das Metall zu erstarren beginnt, braucht viel länger zum Abkühlen und der Preßdruck muß über eine viel längere Zeit aufrechterhalten werden, weil, allgemein gesprochen, das Metall in dem großen Metalleingußkanal üblicherweise der letzte Bereich der gesamten Form ist, der sich verfestigt. Der Preßdruck drückt geschmolzenes Metall in den Hohlraum, während das Metall abkühlt und schrumpft. Ein Problem besteht darin, daß die hohe Temperatur von  $793^{\circ}\text{C}$  ( $1460^{\circ}\text{F}$ ) grundsätzlich eine lange Abkühlzeit erfordert mit der Folge geringer Produktionsmengen. Das Hochtemperaturmetall verschleißt außerdem die Form.

Beim Preßdruckguß in Übereinstimmung mit der vorliegenden Erfindung wird das Metall bei einer niedrigen Temperatur von etwa  $682^{\circ}\text{C}$  ( $1260^{\circ}\text{F}$ ) oder etwa  $688^{\circ}\text{C}$  ( $1270^{\circ}\text{F}$ )  $\pm 7^{\circ}\text{C}$  ( $20^{\circ}\text{F}$ ) für 390 Aluminiumlegierungen eingespritzt. Das geschmolzene Metall wird im Vakuum aus der Mitte des gesamten geschmolzenen Metalls unter hohem Druck schnell in die Schußhülse gegossen und sehr schnell bei hohem Druck durch die kleinen Metalleingußkanäle in den Formhohlraum geführt. Da die Kombination von niedriger Metalltemperatur und kleinen Eingußkanälen zu schnellerem Verfestigen im Eingußkanal führt, muß der Preßdruck nur über eine sehr kurze Zeit aufrechterhalten werden.

Es gibt viele Beispiele im Stand der Technik bei herkömmlichen Druckgußverfahren, die einige oder sogar die meisten der Verfahrensschritte, der Merkmale und der Steuereinrichtung der vorliegenden Erfindung umfassen. Zum Beispiel sind bei herkömmlichen Druckgußverfahren Vakuumerzeugung, Vakuumbeschickung, kleine Eingußkanäle, kleine Vakuumkanäle und hohe Eingußgeschwindigkeit verbunden mit Preßdrücken von beispielsweise 690 bis 1380 bar (10,000 bis 20,000 psi) bekannt. Es ist bekannt, daß einige japanische Gießereien solche herkömmlichen Druckgußverfahren verwenden, sogar unter Verwendung von Preßdruckguß hoher Drücke am Schußkolben, mit kleinen Eingußkanälen und hohen Kanalgeschwindigkeiten, aber ohne Vakuumerzeugung und Vakuumbeschickung.



schickung zu verwenden, was ein besonderes Merkmal der vorliegenden Erfindung ist. Es wird berichtet, daß diese herkömmlichen Druckgüsse in Japan nicht in Übereinstimmung mit dem T-6 Wärmebehandlungsverfahren wärmebehandelt werden können. Tatsächlich berichten die japanischen Gießereien, daß sie zu dem oben beschriebenen Preßdruckgußverfahren mit der Benutzung von großen Metalleingußkanälen, relativ geringen Kanalgeschwindigkeiten, außerordentlich hohen Temperaturen und Preßdrücken am Schußkolben wechseln mußten, um die T-6 Wärmebehandlung durchführen zu können.

Da viele oder sogar die meisten der Verfahrensschritte und Merkmale der vorliegenden Erfindung in der Gußindustrie bekannt sind und tatsächlich umfangreich benutzt werden, hat keiner vorher die beanspruchte Kombination von Verfahrensschritten und Merkmalen der vorliegenden Erfindung benutzt, um solch besonders gute Ergebnisse in einer Druckgußmaschineneinrichtung unter Benutzung von Niedrigtemperaturmetall, welches sich ideal für hohe Massenproduktion eignet, zu erzielen. Die in Übereinstimmung mit der vorliegenden Erfindung hergestellten Teile wurden zum Beispiel mit ähnlichen Teilen, die durch Schmieden hergestellt wurden, verglichen und als außerordentlich besser in Bezug auf die Verformungseigenschaften als die geschmiedeten Teile befunden. Da die in Übereinstimmung mit dem Gußverfahren nach der vorliegenden Erfindung hergestellten Preßdruckteile bedeutend verbessert sind, wurde gefunden, daß sie sogar noch bedeutender durch die Verwendung des T-6 Wärmebehandlungsverfahrens verbessert werden können, was nach herkömmlicher Meinung nicht bei Gußaluminiumteilen anwendbar ist.

Das Preßdruckgußverfahren nach der vorliegenden Erfindung kann vorzugsweise auf einer im Handel als Vertikalgußmaschine bekannten Vorrichtung, die nachfolgend beschrieben werden wird, ausgeführt werden. Andererseits kann das Verfahren aber mit dem gleichen Erfolg auch auf einer Horizontalgußmaschine ausgeführt werden, die für das Beschicken in Vakuumgußerzeugung umgebaut

17.12.98

wurde. In Vertikalgußmaschinen, die in Übereinstimmung mit der vorliegenden Erfindung umgebaut wurden, wird Niedrigtemperaturmetall mittels Vakuum (Vakuumbeschickung) vom angrenzenden Brennofen durch die Überführungshülse in die sich vertikal erstreckende Schußhülse abgezogen, um durch den vertikal aufwärts bewegten Kolben den Formhohlräumen über die Metalleingußkanäle und dem konzentrisch um die Mitte der Schußhülse angeordneten Hauptkanalsystem zugeführt zu werden. Das Niedrigtemperaturmetall wird unter Druck, erzeugt durch den Kolben, mit hoher Geschwindigkeit durch den kleinen Eingußkanal in den evakuierten Formhohlräume eingeführt. Nachdem die Formhohlräume gefüllt sind, wird der Kolben zum Aufbringen von hohem Druck auf das Metall benutzt, wenn dieses in den Formhohlräumen zu erstarren beginnt. Das Niedrigtemperaturmetall erstarrt in dem kleinen Eingußkanal relativ schnell.

Eine dichte Metallegierungsverbindung ist wichtig für eine optimale Darstellung des vorliegenden Verfahrens, so wie es auch bei anderen bekannten Gußverfahren ist. Vorzugsweise ist das geschmolzene Metall im Brennofen mittels üblicher Techniken gereinigt und entgast und die Metalltemperatur ist sorgfältig überwacht, wie vorstehend erläutert. Das Ziel ist es, sehr reines und gasfreies Metall einer dichten Legierungszusammensetzung zu haben.

In Übereinstimmung mit der vorliegenden Erfindung benötigt das vollständige Verfahren, nämlich die Erzeugung des Vakuums in den Formhohlräumen, dem Eingußkanal und dem Hauptkanalsystem, der Schußhülse und dem Überleitungsrohr, um das geschmolzene Metall aufwärts durch das Überleitungsrohr in die Schußhülse zu saugen, die Betätigung des Kolbens, um das geschmolzene Metall aufwärts in die Formhohlräume zu drücken und die Anwendung des hohen Druckes oder Preßdruckes auf den Kolben sowie das Erstarren des Metalls innerhalb einer verbleibenden Zeit, bevor die Matrize öffnet und das Teil auf einen Pendelablagetisch ausgeworfen wird, eine sehr kurze Zeit in Übereinstimmung

mit der vorliegenden Erfindung. Zum Beispiel kann der Schritt des Vakuumbeschickens eine effektive Dauer von etwa 1,6 Sekunden bei einer in Übereinstimmung mit der vorliegenden Erfindung typischen Arbeitsweise betragen, während die Schußzeit oder die Zeit, die der Kolben benötigt, das geschmolzene Metall von der Schußhülse in die Formhohlräume zu pressen, lediglich 0,5 Sekunden bei einer in Übereinstimmung mit der vorliegenden Erfindung typischen Arbeitsweise betragen kann. Der Preßdruck kann beispielsweise nur 0,003 Sekunden, bevor der Schuß abgeschlossen ist oder die Formhohlräume gefüllt sind, eintreten und der Preßdruck kann über eine verbleibende Zeit von z. B. 10 Sekunden aufrechterhalten werden. Es wird sich bei einer in Übereinstimmung mit der vorliegenden Erfindung typischen Arbeitsweise zeigen, daß das geschmolzene Metall mittels des Vakuums aufwärts gegossen und in die Formhohlräume geschossen werden kann in etwa 2,0 bis 2,3 Sekunden, was außerordentlich kurz ist. Selbstverständlich kann der Preßdruck abgelassen werden, nachdem das Metall in dem kleinen Eingußkanal erstarrt ist.

Weiterhin sei darauf hingewiesen, daß das Preßdruckgußverfahren der vorliegenden Erfindung bei einer relativ niedrigen Temperatur durchgeführt wird, die üblicherweise bei herkömmlichem Druckguß eingesetzt wird und nicht bei der hohen Temperatur, die üblicherweise bei Preßdruckguß eingesetzt wird. Weil das geschmolzene Metall in dem Brennofen in Übereinstimmung mit der vorliegenden Erfindung auf einer Temperatur gerade oberhalb des Punktes gehalten ist, an dem die Erstarrung beginnt, ist das schnelle Vakuumbeschicken und die schnelle Kolbeneinspritzung erforderlich, um die Formhohlräume mit dem noch geschmolzenen Metall zu füllen, auf das mit dem durch den Kolben aufgebrachten Preßdruck eingewirkt werden kann, während das Metall erstarrt. Wenn das Metall erstarrt und die Metalleingußkanäle schließt oder verfestigt, hat natürlich ein weiterer Druck unabhängig von seiner Höhe keinen Einfluß mehr auf das Metall in den Formhohlräumen. Es sei weiterhin darauf hingewiesen, daß, wenn das geschmolzene Metall zuerst in die Formhohlräume ein-

17.12.98

tritt, es beginnen wird, durch die oben erläuterten sehr kleinen Vakuumkanäle auszutreten und in den Vakuumhauptkanal austritt, wo das Metall sich schnell verfestigen wird und weiteren Austritt des Metalls durch den Vakuumkanal verhindert.

Folglich wird in Übereinstimmung mit der vorliegenden Erfindung in etwa 2 Sekunden oder in einigen Fällen sogar weniger die geforderte Menge geschmolzenen Metalls vakuumgegossen oder durch das Zuführrohr aus der Mitte der Schmelze im Brennofen und in die Schußhülse abgezogen, wo die erste Aufwärtsbewegung des Schußkolbens den Metallzufluß aus dem Zuführrohr stoppt und so die Menge des gegossenen Metalls überwacht. Die Aufwärtsbewegung des Kolbens, die etwa 0,5 Sekunden dauert, drückt das Niedrigtemperaturmetall in die luft- und gasfreien Formhohlräume, um die Hohlräume schnell zu füllen, und danach wird augenblicklich hoher Preßdruck auf das erstarrende Metall ausgeübt. Es sei darauf hingewiesen, daß in Übereinstimmung mit der vorliegenden Erfindung all die unterschiedlichen Arbeitstakte der Druckgußmaschine von Zeitschaltuhren herkömmlicher Bauart überwacht werden, um die Verfahrensschritte schnell und rasch ablaufen zu lassen. Die Schußgeschwindigkeit oder die Geschwindigkeit des Abzugkolbens kann zum Beispiel 1,52 m (5 Fuß) pro Sekunde betragen, um eine Kanaleingußgeschwindigkeit von 30,5 m (100 Fuß) pro Sekunde zu erreichen bei einer Hohlraumfüllzeit von weniger als etwa 0,5 Sekunden, zum Beispiel etwa 0,15 Sekunden.

Es ist eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren zum Gießen von Aluminiumlegierungen in einer Druckgußvorrichtung nach Anspruch 1 anzugeben, bestehend aus wenigstens einem Paar Matrizen, die wenigstens einen Hohlraum zwischen sich bilden, der einen Vakuumkanal und einen Metalleingußkanal und einen Hauptkanal besitzt, welcher mit dem Metalleingußkanal zur Lieferung eines geschmolzenen Metalls in den Hohlraum verbunden ist, einer Quelle für geschmolzenes Metall, einer Beschickungs- oder Schußhülse, die mit dem Hauptkanal zur Aufnahme von ge-

17.12.99

geschmolzenen Metall aus der Quelle und zu dessen Führung durch den Hauptkanal zu dem Metalleingußkanal in den Hohlraum, wobei der Eingußkanal die Strömung des Metalls von dem Hauptkanal in den Hohlraum steuert, einem Kolben, der hin und her bewegbar in der Hülse angeordnet ist und einer Einrichtung zum Aufbringen von Druck auf den Kolben für das Hindurchpressen des geschmolzenen Metalls durch den Hauptkanal und den Eingußkanal in den Hohlraum, und einer Vakuumquelle und Einrichtungen, die Vakuumquelle mit dem Vakuumkanal, dem Hohlraum, dem Hauptkanal und der Schußhülse zu verbinden zur Entfernung von Gasen aus diesem und für das Beschicken oder das Abziehen des geschmolzenen Metalls aus der Quelle in die Hülse in einer Stellung zum Antrieb durch den Kolben. In einer gerade beschriebenen Einrichtung umfaßt das Verfahren der vorliegenden Erfindung die Schritte: Steuerung des Kolbens, wenn er das geschmolzene Metall durch den Metalleingußkanal drückt zur Steuerung der Kanalgeschwindigkeit in den Hohlraum zum anfänglichen Füllen des Hohlraumes, Dimensionierung des Metalleingußkanals, um eine hohe Eingußgeschwindigkeit von etwa 12,2 m (40 Fuß) pro Sekunde bis etwa 45,7 m (150 Fuß) pro Sekunde in den Formhohlraum während des anfänglichen Schrittes der Hohlraumfüllung zu erreichen, und kurz bevor oder gerade wenn der Hohlraum gefüllt ist, Aufbringen des Druckes von 690 - 1380 bar (10,000 bis 20,000 psi) durch den Schußkolben, um weiteres geschmolzenes Metall während der Druckaufbringung und während der sehr kurzen Erstarrungsphase des Niedrigtemperaturmetalls in den Formhohlraum zu pressen. Das Metall im Kanal erstarrt nach der Druckaufbringung, aber vorzugsweise nicht vor der weitgehenden Erstarrung des Metalls im Hohlraum.

Eine andere Aufgabe der Erfindung besteht darin, solch ein Verfahren für den Druckguß von wärmebehandelbaren Aluminiumlegierungen bereitzustellen und es folglich zu ermöglichen, die Gußteile in Übereinstimmung mit dem T-6 Wärmebehandlungsverfahren wärmezubehandeln. Es wurde gefunden, daß ein mit dem Verfahren

17.12.98

nach der vorliegenden Erfindung hergestelltes und nach dem T-6 Wärmebehandlungsverfahren wärmebehandeltes Preßdruckgußteil eine 390 Aluminiumlegierung von seiner bekannten üblichen Streckgrenze von 35,000 psi zu einer beachtlich hohen Streckgrenze von 51,000 psi verbessert. Bei einem besonderen Vergleichstest hat ein normaler ASTM Teststreifen aus einer 390 Aluminiumlegierung eine Streckgrenze von 35,000 psi. Ein ähnlicher Druckguß-ASTM-Teststreifen, der in Übereinstimmung mit dem Preßdruckverfahren nach der vorliegenden Erfindung hergestellt und einer T-6 Wärmebehandlung unterworfen wurde, erzeugt ebenfalls solch beachtlich guten Werte bei der Streckgrenze. Wie oben dargelegt, ist die Industrie vor der vorliegenden Erfindung nicht in der Lage gewesen, aluminiumdruckgegossene Aluminiumteile in Übereinstimmung mit dem T-6 Wärmebehandlungsverfahren wärmezubehandeln.

Es ist deshalb eine weitere Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine neuartige Kombination von Verfahrensschritten zur Herstellung eines Preßdruckgußteiles aus einer wärmebehandelbaren Aluminiumlegierung anzugeben und dann dieses Aluminiumteil in Übereinstimmung mit dem T-6 Wärmebehandlungsverfahren wärmezubehandeln.

Obwohl derart verbesserte Güsse möglicherweise mittels bekannter Verstärkungsbolzen oder Preßbolzen weiter verbessert werden können, werden derart beachtlich gute Ergebnisse mit dem Verfahren nach der vorliegenden Erfindung erzielt, so daß auf die Verstärkungsbolzen in einigen Fällen verzichtet werden kann.

Eine weitere Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, solche Verfahrensschritte in rascher und schneller Art unter Benutzung von relativ kaltem - bezogen auf Temperaturen beim Preßdruckguß - geschmolzenen Metall vorzusehen, welches nach dem Einspritzen in die Form schnell erstarrt.

Noch eine weitere Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, ein solches Preßdruckgußverfahren für Aluminiumlegierungen vorzusehen, bei dem ein Formhohlraum mit dem Volumen  $V_C$ , der einen mit dem Hohlraum verbundenen Vakuumkanal und einen Metalleingußkanal aufweist, zuerst durch Anlegen eines Vakuums evakuiert wird und danach durch den Eingußkanal mit geschmolzenem Metall unter einem Druck  $P_1$  mit einer Niedrigmetalltemperatur  $T$  oberhalb der Temperatur  $T_S$ , bei der das Metall zu erstarren beginnt, gefüllt wird.  $P_1$  wurde gewählt, um eine hohe Kanalgeschwindigkeit zu erreichen. Bei dieser Ausgestaltung umfaßt die Verbesserung die Schritte: Erhöhung des Druckes auf das durch den Metalleingußkanal fließende Metall auf einen Druck  $P_2$ , ungefähr dann, wenn das Volumen des den Hohlraum füllenden Metalls etwa  $V_C$  erreicht hat, mit dem Ziel, das geschmolzene Niedrigtemperaturmetall weiterhin durch den Eingußkanal während der sehr kurzen Zeit zu drücken, in der das Niedrigtemperaturmetall in der Form erstarrt. Bei diesem geschilderten Verfahren wird die Vakuumbeschickung der geschmolzenen Aluminiumlegierung in die Schußhülse direkt aus oder nahe der Mitte der geschmolzenen Metallmasse im Brennofen durch das Vakuum erreicht. Die Vakuumbeschickung und die Zufuhr des Metalls mittels des Kolbens durch den Eingußkanal geschieht sehr schnell, wie vorstehend erläutert. Die Dimensionierung des Eingußkanals ist derart, daß beim Ansteigen des Druckes auf das Niedrigtemperaturmetall von  $P_1$  nach  $P_2$  und damit verbunden während des schnellen Erstarrens des Metalls in der Form, die Geschwindigkeit des geschmolzenen Metalls durch den Kanal derart ist, daß die Temperatur des Metalls in dem Kanal größer als die Erstarrungstemperatur  $T_f$  des Metalls ist, und die Geschwindigkeit des Metalls im Kanal an einem Punkt zu einer Zeit, nachdem  $P_2$  erreicht ist, ist derart, daß die Temperatur im Eingußkanal kleiner oder gleich  $T_f$  ist, wodurch der das druckbeaufschlagte Metall enthaltende Hohlraum durch das im Eingußkanal erstarrende Metall verschlossen wird. Bei diesem Verfahren wird der

17.12.98

Druckanstieg nach  $P_2$  üblicherweise durch einen Zeitschalter ausgelöst, um mehr geschmolzenes Metall durch den Eingußkanal zu drücken, natürlich bei einer viel langsameren Kanalgeschwindigkeit, nachdem die Menge des in die Form gespritzten Metalls  $V_C$  gleichkommt. Im besten Fall wird der Metallfluß durch den kleinen Eingußkanal nicht unterbrochen, bevor die Temperatur des Metalls in der Form bei  $P_S$  kleiner oder gleich  $T_f$  ist. Geschmolzene Aluminiumlegierungen können in Abhängigkeit von ihrer Legierungszusammensetzung bei einer Temperatur  $T_S$  im Bereich zwischen  $582^\circ\text{C}$  ( $1080^\circ\text{F}$ ) und  $649^\circ\text{C}$  ( $1200^\circ\text{F}$ ) beginnen zu erstarren.

Andere Aufgaben und Ausgestaltungen der vorliegenden Erfindung werden mit zunehmender Beschreibung offenbart.

Die detaillierte Beschreibung bezieht sich insbesondere auf die beigefügten Figuren, in denen

Fig. 1 eine Schnittansicht einer Vertikalgußmaschine in Übereinstimmung mit der vorliegenden Erfindung darstellt, die den Brennofen nahe der Maschine und ebenso den Zustand der Maschine zu Beginn des Druckgußvorganges zeigt, in dem die obere Platte in der unteren Stellung gegenüber der unteren, stationären Platte ist;

Fig. 2 eine Schnittansicht ähnlich Fig. 1 darstellt und die Vorgänge während der Verfahrensabschnitte der Vakuumbeaufschlagung und der Vakuumbeschickung zeigt, insbesondere das Abziehen des geschmolzenen Metall aufwärts in die Schußhülse durch das Zuführrohr;

Fig. 3 eine Schnittansicht ähnlich Fig. 1 darstellt und die Aufwärtsbewegung der Kolbens beim Pressen des geschmolzenen Metalls in den Formhohlraum zeigt;



Fig. 3a einen typischen Eingußkanalquerschnitt zeigt;

Fig. 3b einen typischen Vakuumkanalquerschnitt zeigt;

Fig. 4 eine Schnittansicht ähnlich Fig. 1 zeigt, bei der die obere Platte zum Öffnen der Matrizze in ihrer oberen Stellung ist, während sich der Kolben ebenfalls nach oben bewegt, um den Formkörper aus der Hohlraumform zu entfernen; und

Fig. 5 ein Zeitdiagramm eines Gußzyklusses zeigt und die Zeitfolge und die Dauer der vorstehend beschriebenen Verfahrensschritte darstellt.

Insbesondere unter Bezugnahme auf Fig. 1 ist zu erkennen, daß die Vertikalgußmaschine 10 eine untere, stationäre Platte 12 unterhalb einer vertikal beweglichen Platte 14 mit einem Satz von Matrizonteilen 16 zwischen den Platten aufweist. Die Matrizonteilen 16 sind in vielerlei Hinsicht von üblicher Bauart und umfassen eine Deckelmatrizenhälfte 18 an der stationären Platte 12, eine an der beweglichen Platte 14 angeordnete Einspritzmatrizenhälfte 20 mit Hohlräumblöcken 22, die in bekannter und üblicher Weise von den Matrizenhälften 18, 20 zur Bildung von mindestens einem Formhohlraum 24 getragen werden. Es ist dies der mindestens eine Formhohlraum 24, in den das Niedrigtemperaturmetall 26 vom Brennofen 28 durch den in der Schußhülse 32 wirkenden und durch einen Hydraulikzylinder 34 angetriebenen Schußkolben 30 eingespritzt wird, der in der Lage ist, einen hohen Druck auf das Niedrigtemperaturmetall 26 beim Einspritzen in die Form auszuüben und der weiterhin in der Lage ist, einen höheren Druck auf das Metall in der gefüllten Form auszuüben. Die Schußhülse 32 ist über ein Zuführrohr 40 mit einem Punkt 42 tief unten in der Masse des geschmolzenen Metalls im Brennofen 28 verbunden.

Fig. 1 zeigt weiterhin einen Verstärkungszyylinder 50 um die Verstärkungsbolzen 52 in den Formhohlraum 24 zum vorstehend be-

17.12.99

schriebenen Zweck einzutreiben. Abhängig von der Größe des Formhohlraumes können ein oder auch mehrere Verstärkungsbolzen mit außerordentlich hohem Druck in die Menge des geschmolzenen Metalls getrieben werden, nachdem der Metalleingußkanal erstarrt ist, um weiterhin den Druck auf das Metall zu erhöhen, wenn es im Bereich um die vorstehenden Verstärkungsbolzen erstarrt. Fig. 1 zeigt weiterhin ein Vakuumleitung 60, die mit dem Formhohlraum 24 durch die Matrizenhälften 18, 20 in üblicher Weise verbunden ist, so daß der Hohlraum 24, die Schußhülse 32 und das Zuführrohr 40 evakuiert werden können. Wenn das passiert, wird der auf die Masse des geschmolzenen Metalls 26 im Brennofen 28 wirkende Atmosphärendruck das geschmolzene Metall aufwärts durch das Zuführrohr 40 ist die Schußhülse 32 drücken, wie am besten in Fig. 2 zu sehen ist. Insbesondere wird die Evakuierung von Luft und Gas aus der Hülse 32, dem Hauptkanalsystem 62 und dem Formhohlraum 24 durch einen Druckschalter begonnen, der anzeigt, daß der Abschluß wirksam erfolgt ist oder daß die Hälften 18, 20 tatsächlich vollständig geschlossen sind und so den Abschluß bilden. Diese Sogwirkung des Vakuums erzeugt ein Vakuum in dem Formhohlraum 24, dem Hauptkanalsystem 62 und der Schußhülse 32, welches das geschmolzene Aluminium über das Zuführrohr 40 in etwa 1 - 3 Sekunden in die Hülse fördert. Wie vorstehend erläutert, können diese Schritte durch eine Zeituhr überwacht werden.

Weiterhin sei darauf hingewiesen, daß die Bewegung des Kolbens 30 bei der Förderung des geschmolzenen Metalls aufwärts durch das Hauptkanalsystem 62 in den Formhohlraum 24 ziemlich schnell erfolgen muß, da die Sogwirkung augenblicklich beginnen wird, das geschmolzene Metall aufwärts in den Hohlraum zu fördern, wo das Metall anfangen wird zu erstarren. Mit anderen Worten, an den Vorgang der Vakuumbeschickung muß sich sehr schnell die Aufwärtsbewegung des Schußkolbens 30 anschließen, da das geschmolzene Metall sofort nach dem Verlassen des Brennofens 28 zu erstarren beginnt.

17.12.98

Unter Hinweis auf Fig. 3 ist zu sehen, daß die erste Aufwärtsbewegung des Kolbens 30 den Metallzufluß aus dem Zuführrohr 40 beendet und so die Menge des der Hülse 32 zugeführten Metalls begrenzt. Die ideale Kanalgröße und Metallgeschwindigkeit durch den Kanal sind durch verschiedene Qualitätsstudien festgelegt. Das Vakuum wird durch einen Vakuumabschaltzylinder 70 abgeschaltet, der Abschaltbolzen 72 antreibt oder durch einen Formblock (nicht dargestellt) im Vakuumkanal. Der Vakuumventilzylinder 70 kann kurz bevor die Matrize öffnet geschlossen werden. Es sei darauf hingewiesen, daß die Bewegung des Schußkolbens 30, die ziemlich schnell und ziemlich rasch nach dem Beginn der Beschickung beginnt, das Niedrigtemperaturmetall durch das Hauptkanalsystem 62 in den Formhohlraum 24 und durch den Vakuumkanal in den durch die Matrizenhälften 18, 20 gebildeten Vakuumhauptkanal drückt. Wenn der Strom des geschmolzenen Metalls die Abschaltbolzen 72 oder den Formblock erreicht, wird das Vakuum durch das erstarrende Metall beendet.

Die Fig. 3a und 3b zeigen übliche Metalleingußkanäle und Vakuumkanäle, insbesondere zur Verwendung in Übereinstimmung mit der vorliegenden Erfindung, bei denen der Metalleingußkanal z. B. einen Höhe von 0,15 cm (.060 in) und eine Breite (senkrecht zur Zeichenebene) von vielleicht 1,91 cm (.75 in) oder sogar 0,25 cm (.100 in) hat. Fig. 3a zeigt deshalb einen kleinen Metalleingußkanal. Fig. 3b zeigt einen noch schmaleren Vakuumkanal mit einer Dicke oder Höhe von 0,11 cm (.045 in) und einer Breite (senkrecht zur Zeichenebene) von vielleicht 1,91 cm (.75 in) bis 0,25 cm (.100 in). Beim Druckguß sind ein Metalleingußkanal und ein Vakuumkanal relativ kleine Öffnungen, die vom Hauptkanalsystem 62 direkt in den Formhohlraum 24 führen. Vorzugsweise beträgt der Kanalsteg (Abmessung D) etwa 0,08 cm (0,030 in). Während das Hauptkanalsystem 62 weitgehend breit ausgeführt sein kann, wurde gefunden, daß eine Größenreduzierung des Hauptkanalsystems mit dem Ziel, einen kleinen Metalleingußkanal zu erzeugen, in einigen Fällen sehr vorteilhaft sein kann. Er erzeugt nicht nur eine relativ hohe Metalleinguß-

17.12.98

kanalgeschwindigkeit, welche in Zusammenhang mit der vorliegenden Erfindung vorteilhaft ist, es erzeugt ebenso einen relativ kleinen und schwachen Kanalbereich, welcher vom Druckgußteil abgebrochen oder abgeschnitten werden muß.

Es wird in Übereinstimmung mit der vorliegenden Erfindung angenommen, daß sich das geschmolzenen Metall unter dem durch den Kolben erzeugten Druck in solch einer hohen Geschwindigkeit durch den Eingußkanal bewegt, daß das geschmolzene Metall tatsächlich in den Formhohlraum 24 spritzt, um den Hohlraum zu füllen. Es wird angenommen, daß dieser Spritzvorgang in den luftleeren Hohlraum 24 zu dem guten strukturellen Gefüge und zur geringen Porosität, die durch die vorliegende Erfindung erzielt wird, beiträgt.

In Fig. 4 ist die obere Platte 14 zum Öffnen der Matrize hochgefahren (die Einspritzmatrizenhälfte 20 vertikal getrennt von der Deckelmatrizenhälfte 18) um den Hohlraum 24 und das Metallgußstück darin freizulegen. Der Kolben 30 ist in seiner höchsten Position gezeigt, welche den erstarrte Formling aufwärts drückt, so daß er aus der Presse genommen werden kann. Das Verfahren kann dann aufs Neue begonnen werden, indem die verschiedenen Einzelteile in ihre in Fig. 1 gezeigte Position zurückbewegt werden.

Fig. 5 zeigt ein Zeitdiagramm eines Gußzyklusses, um zu erläutern, wie schnell das erfinderische Verfahren der vorliegenden Erfindung abläuft. Die Tafel zeigt die verschiedenen durchgeführten Abläufe links neben der vertikalen Achse mit den verschiedenen Schritten in der Reihenfolge ihres Ablaufs. Der erste Schritt, bezeichnet als FREIFALL, ist das Absenken der Platte 14 in ihre Position, die das Matrizenpaar 16 schließt und die als VERSCHLUSS-Schritt bezeichnet ist. In einem üblichen System dürfte der FREIFALL 1,6 Sekunden dauern, während der VERSCHLUSS 1, 5 Sekunden dauern dürfte. Wenn nach 3,1 Sekunden das System geschlossen ist, kann der Schritt VAKUUMBE-

SCHICKUNG beginnen. Er dauert 1,6 Sekunden, so daß sich die gesamte Zykluszeit auf bisher 4,7 Sekunden beläuft. Das Vakuum bleibt bestehen, wie auf der Tafel gezeigt, bis es wie vorstehend erläutert, wieder aufgehoben wird. Der Schritt SCHUSS wird üblicherweise zum Beispiel sehr schnell über eine Zeit von 0,5 Sekunden durchgeführt, um eine Zykluszeit zum Zeitpunkt, an dem der Hohlraum 24 gefüllt ist, von 5,2 Sekunden zu erreichen. Der Schritt VERSTÄRKUNG kann dann ausgelöst werden z. B. 0,003 Sekunden, nachdem der SCHUSS-Schritt abgeschlossen ist, und der Preßdruck kann durch den Kolben über eine erheblich, in der Tafel angegebene Zeit aufrechterhalten werden, z. B. bis zum Ende des Schrittes VERWEILEN. Der VERSTÄRKUNG-Schritt sollte augenblicklich nach Beendigung des Schusschlages beginnen, so daß der Metallfluß durch den Kanal nicht unterbrochen wird.

Die Verweilzeit von 10 Sekunden ist die Zeit, in der das geschmolzene Metall bis zu einem Punkt erstarrt ist, an dem es ausreichend fest ist, um aus dem Hohlraum 24 entfernt zu werden. Danach können andere Schritte wie DEKOMPRESSION, MATRIZENÖFFNUNG, GREIFER EINFAHREN, AUSWERFEN, GREIFER AUSEFAHREN und SPRÜHEN üblicherweise die gezeigte Zeit einnehmen. Da alle Schritte von DEKOMPRESSION bis SPRÜHEN üblich und nicht zwingend notwendig für das Verfahren nach der vorliegenden Erfindung sind, zeigen sie, wie schnell ein Druckgußsystem gefahren werden kann, um wieder einen neuen Zyklus zum Gießen eines geschmolzenen Metall zu beginnen. Es sei darauf hingewiesen, daß das VERWEILEN von 10 Sekunden stetig erhöht werden muß, wenn geschmolzenes Metall bei einer bedeutend höheren Temperatur eingespritzt wird, z. B. der Temperatur eines Hochtemperaturmetalls.

Es wurde gefunden, daß Preßdruckgußteile, die in Übereinstimmung mit der vorliegenden Erfindung und auf einer vorstehend beschriebenen Maschine mit einer Zykluszeit gemäß Fig. 5 und mit kleinen Eingußkanälen, hohen Kanalgeschwindigkeiten, Niedrigtemperaturmetall, Vakuumbeschickung und hohen Preßdrücken

17.12.98

hergestellt wurden, Gußteile ergeben, die bedeutend verbesserte Eigenschaften in bezug auf strukturelles Gefüge und Porosität haben. Wenn Guß aus einer wärmebehandelbaren Aluminiumlegierung einen Erstarrungspunkt von etwa 507°C (945°F) bis etwa 649°C (1200°F) hat, wie etwa eine 390 Aluminiumlegierung, können diese Teile weiterhin durch eine Wärmebehandlung in Übereinstimmung mit dem oben erläuterten T-6 Wärmebehandlungsverfahren verbessert werden, besonders mit einer Kaltwasserabschreckung, welche schnell z. B. für 10 Sekunden oder eine ähnlich kurze Zeitspanne stattfindet, welche keine bezeichnende Abkühlung nach einer langen Erwärmung bei der hohen, mit der T-6 Wärmebehandlung verbundenen Temperatur für die gewünschte Zeitdauer zuläßt.

Es wurde gefunden, daß eine Erhöhung der Eingußkanalgeschwindigkeit sehr wichtig ist, um Gußstücke mit guten Eigenschaften in bezug auf strukturelles Gefüge und Porosität zu erzeugen. Im wesentlichen wurde gefunden, daß bei der gegebenen Größe des Schußkolbens 30, des Druckes und der Schlaggeschwindigkeit durch eine Verkleinerung des Eingußkanäle mit dem Ziel, die Metallfließgeschwindigkeit durch den Kanal zu erhöhen, die Eigenschaften der Gußstücke verbessert werden. Tatsächlich wurde gefunden, daß unter Ausnutzung der Verfahrensmerkmale und Schritte der vorliegenden Erfindung die Gußstücke selbst in den dicken Gußbereichen entfernt vom Eingußkanal, verglichen mit konventionellen Gußteilen, nicht die übliche Schrumpfung aufweisen. Dieses unerwartete und vorteilhafte Ergebnis, welches die Verwendung der hohe Unterhaltskosten verursachenden Verstärkungsbolzen 52 in den dicken Bereichen entfernt vom Eingußkanal unnötig macht, wird abgeleitet von der einzigartigen Kombination von Verfahrensschritten und insbesondere dem evakuierten Matrizenhohlraum, der durch die Vakuumbeschickung bewerkstelligt wird, der Verwendung von Niedrigtemperaturmetall, der hohen Kanalgeschwindigkeit, von welcher abgenommen wird, daß sie das vorerwähnte Einsprühen des Metalls in den Hohlraum erzeugt und

17.12.99

dem schnellen und raschen Vorgang des Aufbringens des hohen Preßdruckes.

Die neuartige Kombination von Schritten nach der vorliegenden Erfindung läßt sich gut auf gewisse Metallegierungen, wie 390 Aluminiumlegierungen anwenden. Im besonderen ist eine hypereutektische Metallegierung eine Legierung, die ihren eutektischen Zustand länger beibehält, d. h. den Zustand, bei dem das Metall bei der gleichen Temperatur sowohl flüssig als auch fest ist. In diesem eutektischen Zustand, in dem sich das Metall vielleicht am oder gerade unterhalb des Erstarrungspunktes befindet, übt der durch den Kolben 30 aufgebrachte Preßdruck sogar mehr Druck auf das Metall im Hohlraum aus, nachdem das Metall üblicherweise erstarren sollte.

Es wird angenommen, daß das Verfahren nach der vorliegenden Erfindung die Eigenschaften der meisten wärmebehandelbaren Aluminiumlegierungen verbessern wird. Obwohl ein 390 Aluminium hier erörtert wurde, sei darauf hingewiesen, daß es auch noch andere Aluminiumlegierungen mit ähnlichen Eigenschaften gibt. Die 390 Aluminiumlegierung, die üblicherweise nach dem Dauerformguß oder nach dem Schmieden wärmebehandelt wird, kann nun mit hohem Ausstoß in einer preiswerten Vorrichtung im Preßdruckguß hergestellt und in Übereinstimmung mit dem T-6 Wärmeverfahren wärmebehandelt werden.

Andere Legierungen, wie z. B. 356 Aluminiumlegierungen können in ähnlicher Weise durch Druckgießen in Übereinstimmung mit der vorliegenden Erfindung verbessert und dann weiter durch Wärmebehandlung nach dem T-6 Verfahren verbessert werden. Es wurde gefunden, daß eine 356 Aluminiumlegierung, die im Dauerformguß hergestellt wurde und dann in Übereinstimmung mit dem T-6 Wärmeverfahren wärmebehandelt wurde, eine gegebene handelsübliche Streckgrenze haben wird. Es wurde weiterhin gefunden, daß eine 356 Aluminiumlegierung, gegossen in Übereinstimmung mit dem Druckgußverfahren nach der vorliegenden Erfindung, sogar eine

17.12.98

noch größerer Festigkeit als ein Dauerformgußteil mit dem T-6 Verfahren hat. Folglich erzeugt eine Wärmebehandlung der Preßdruckgußteile, gegossen in Übereinstimmung mit der vorliegenden Erfindung mit dem T-6 Wärmebehandlungsverfahren, sogar größere Festigkeitsergebnisse.



Europäische Patentanmeldung No. 93906310.3-2309  
Anmelder: Gibbs Die Casting Aluminum Corporation  
P10457 W/sa

## P a t e n t a n s p r ü c h e

1. Verfahren zur Herstellung geformter Metallgüsse in einer Druckgußvorrichtung (10) eines Typs, bestehend aus:  
wenigstens einem Paar Matrizen (16), die wenigstens einen Hohlraum (24) zwischen sich bilden, der einen Vakuumkanal und einen Metalleingußkanal und einen Hauptkanal besitzt, welcher mit dem Metalleingußkanal zur Lieferung eines geschmolzenen Metalls (26) in den Hohlraum kommuniziert, einer Quelle (28) für geschmolzenes Metall (26), einer Beschickungshülse (32), die mit der Quelle (28) für geschmolzenes Metall und dem Hauptkanal zur Aufnahme von geschmolzenem Metall (26) aus der Quelle (28) und zu dessen Führung durch den Hauptkanal zu dem Metalleingußkanal in dem Hohlraum (24), wobei der Eingußkanal die Strömung des Metalls (26) von dem Hauptkanal in dem Hohlraum (24) steuert,  
einem Kolben (30), der hin und her bewegbar in der Hülse (32) angeordnet ist und einer Einrichtung zum Aufbringen von Druck auf den Kolben (30) für das Hindurchpressen des geschmolzenen Metalls (26) durch den Hauptkanal und den Eingußkanal in den Hohlraum (24),  
einer Vakuumquelle (60), die mit dem Vakuumkanal, dem Hohlraum (24), dem Metalleingußkanal, dem Hauptkanal und der Hülse (32) zur Entfernung von Gasen aus diesen und mit ausreichendem Sog für das schnelle Abziehen des geschmolzenen Metalls (26) aus dessen Quelle (28) in die Hülse (32) in einer Stellung zum Antrieb durch den Kolben (30) kommuniziert,  
wobei zu dem Verfahren die Verfahrensschritte gehören:  
Abziehen des Vakuums zum Beschicken des geschmolzenen Metalls (26) in die Hülse (32) in einer Zeitdauer zur Vermeidung jedes nennenswerten Verfestigens des geschmolzenen Metalls (26),

unmittelbares Betätigen des Kolbens (30), sobald eine Charge geschmolzenen Metalls in die Hülse (32) beschickt worden ist, für das Drücken des geschmolzenen Metalls (26) durch den Metalleingußkanal zur Steuerung der Kanalgeschwindigkeit in den Hohlraum (24) zum Füllen des Hohlraums und Entfernen des resultierenden Gußstücks aus dem Hohlraum, nachdem das unter Druck befindliche Metall in dem Hohlraum sich verfestigen konnte, dadurch gekennzeichnet, daß zu dem Verfahren das anfängliche Füllen des Hohlraums (24) und danach das Erhöhen des Kolbendrucks (30) von etwa 690 bar auf etwa 1380 bar (10,000 bis etwa 20,000 psi) auf das geschmolzene Metall (26) für das Drücken von zusätzlichem geschmolzenen Metall durch den Eingußkanal, das Steuern der Temperatur des geschmolzenen Metalls (26) bei weniger als etwa 38°C (100°C) oberhalb der Temperatur, bei der das Metall sich zu verfestigen beginnt, und das Auswählen der Querschnittsfläche des Metalleingußkanals in der Weise gehören, daß bei der Kolbenbetätigung geschmolzenes Metall (26) mit einer Geschwindigkeit von etwa 12,2 bis etwa 45,7 m/Sekunde (40 - 150 Fuß/Sekunde) in den Hohlraum (24) während des Hohlraumfüllschrittes und in der Weise zugeführt wird, daß das geschmolzene Metall (26) durch den Zuführkanal während des Druckerhöhungsschrittes strömt.

2. Verfahren nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch den Verfahrensschritt, daß das Metallgießen unter Wärmebehandlung zur Verbesserung der mechanischen Eigenschaften des Gußstücks durchgeführt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Druckgußvorrichtung (10) eine Vertikaldruckgußma-

schine ist.

4. Verfahren nach Anspruch 1,  
bei dem der Eingußkanal auf eine Querschnittsfläche von  
weniger als etwa  $1,29 \text{ cm}^3$  ( $0,2 \text{ Inch}^2$ ) dimensioniert wird.

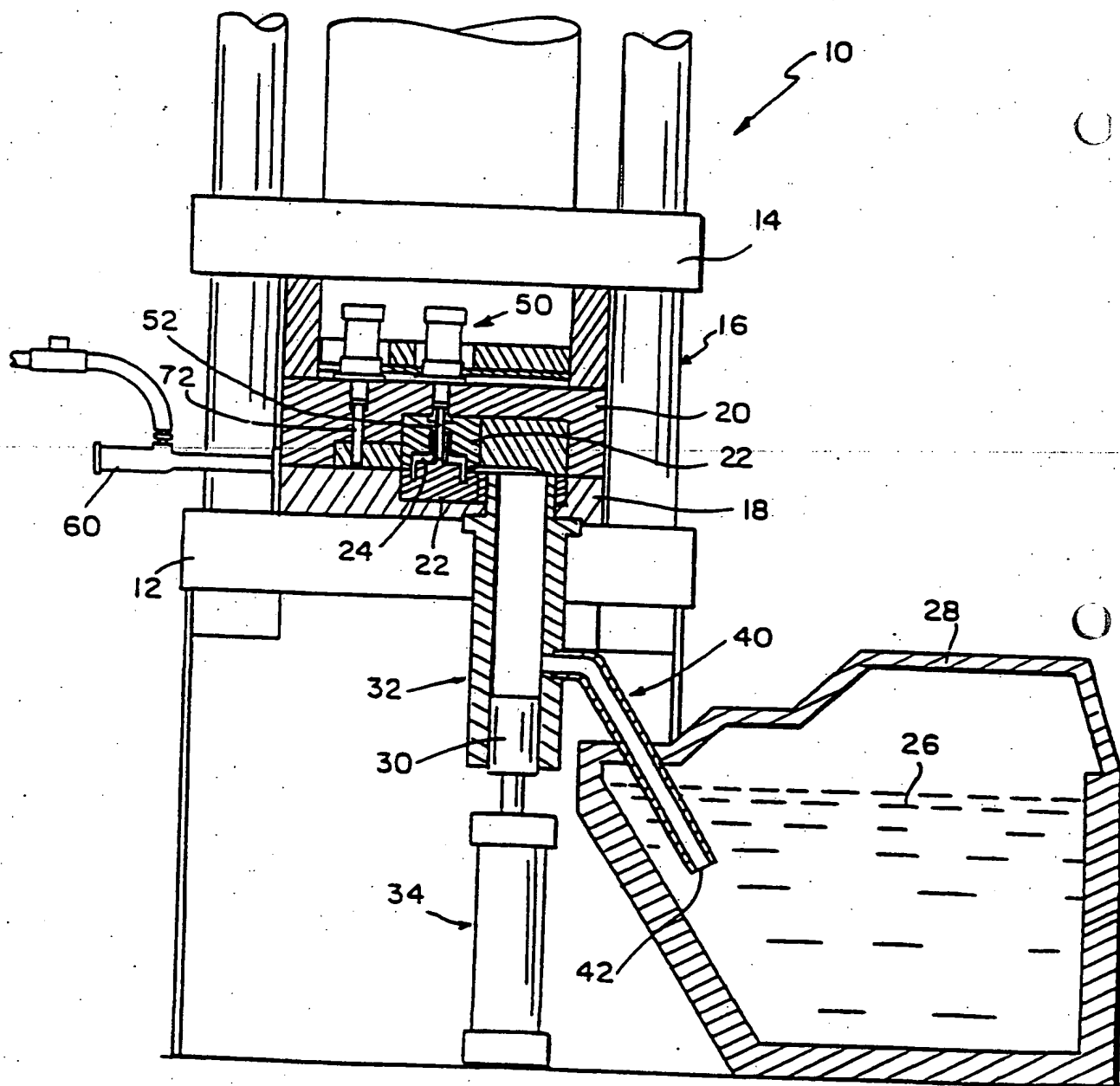


FIG 1

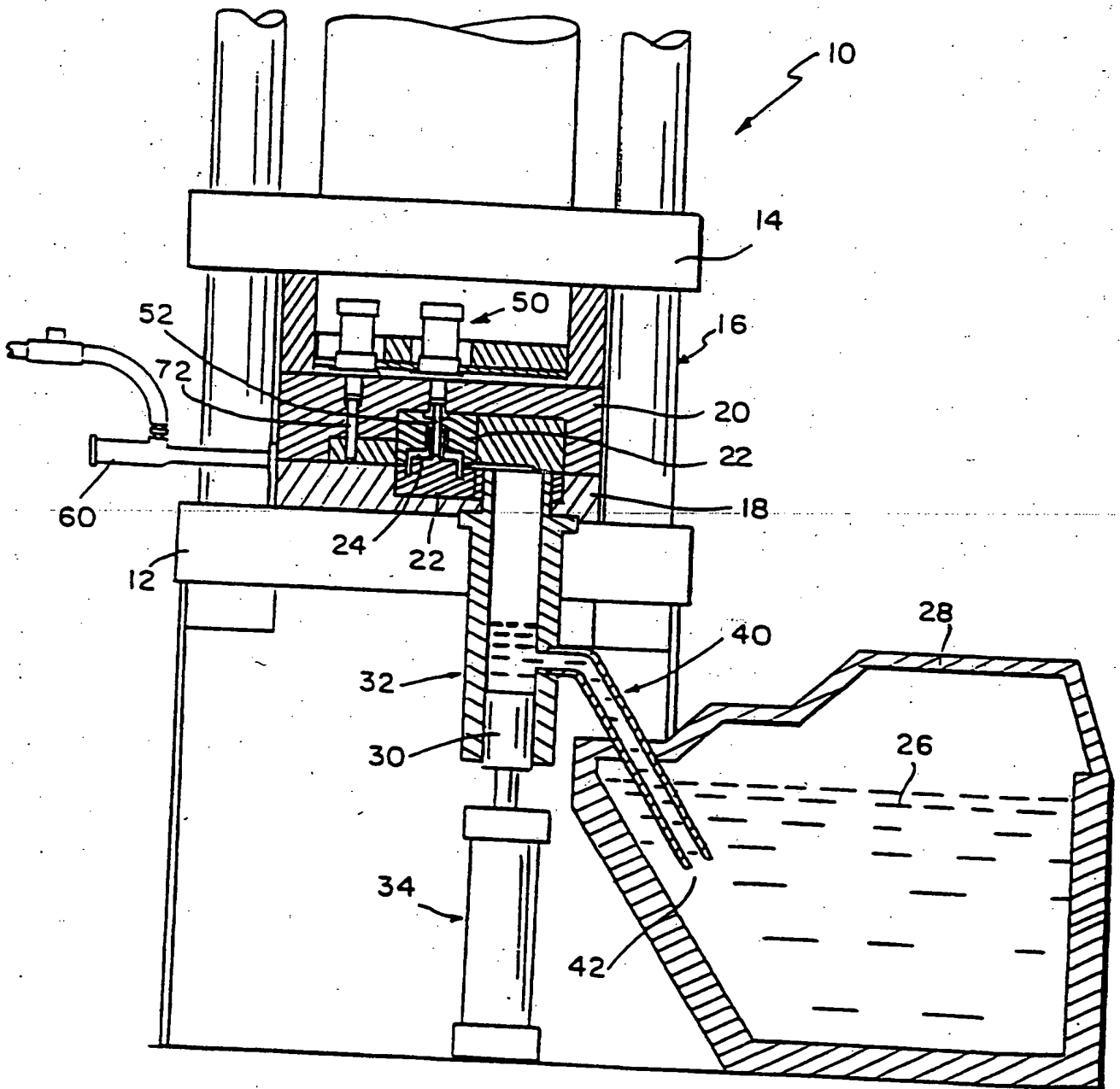


FIG. 2

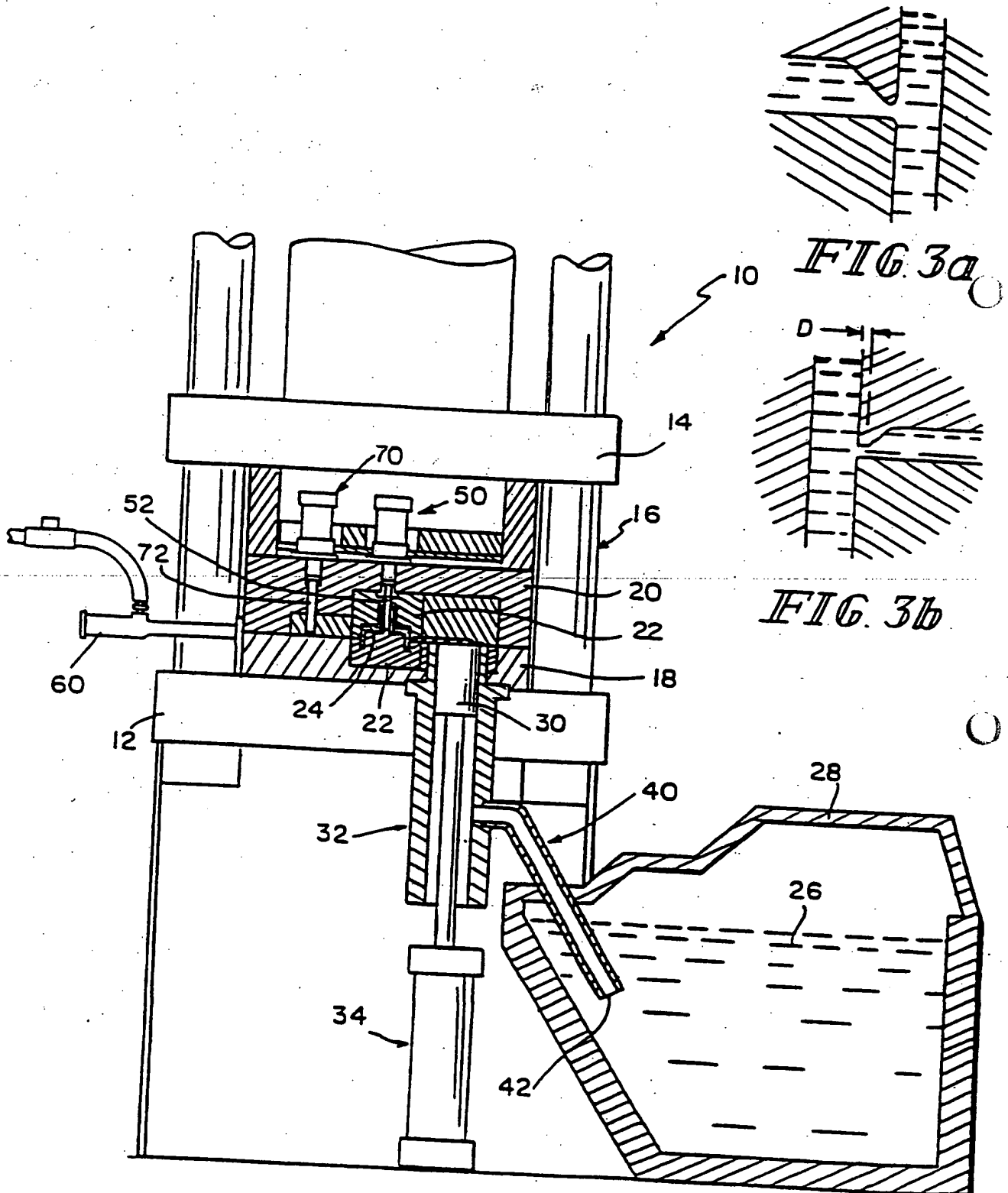


FIG. 3

17.12.98

4/5

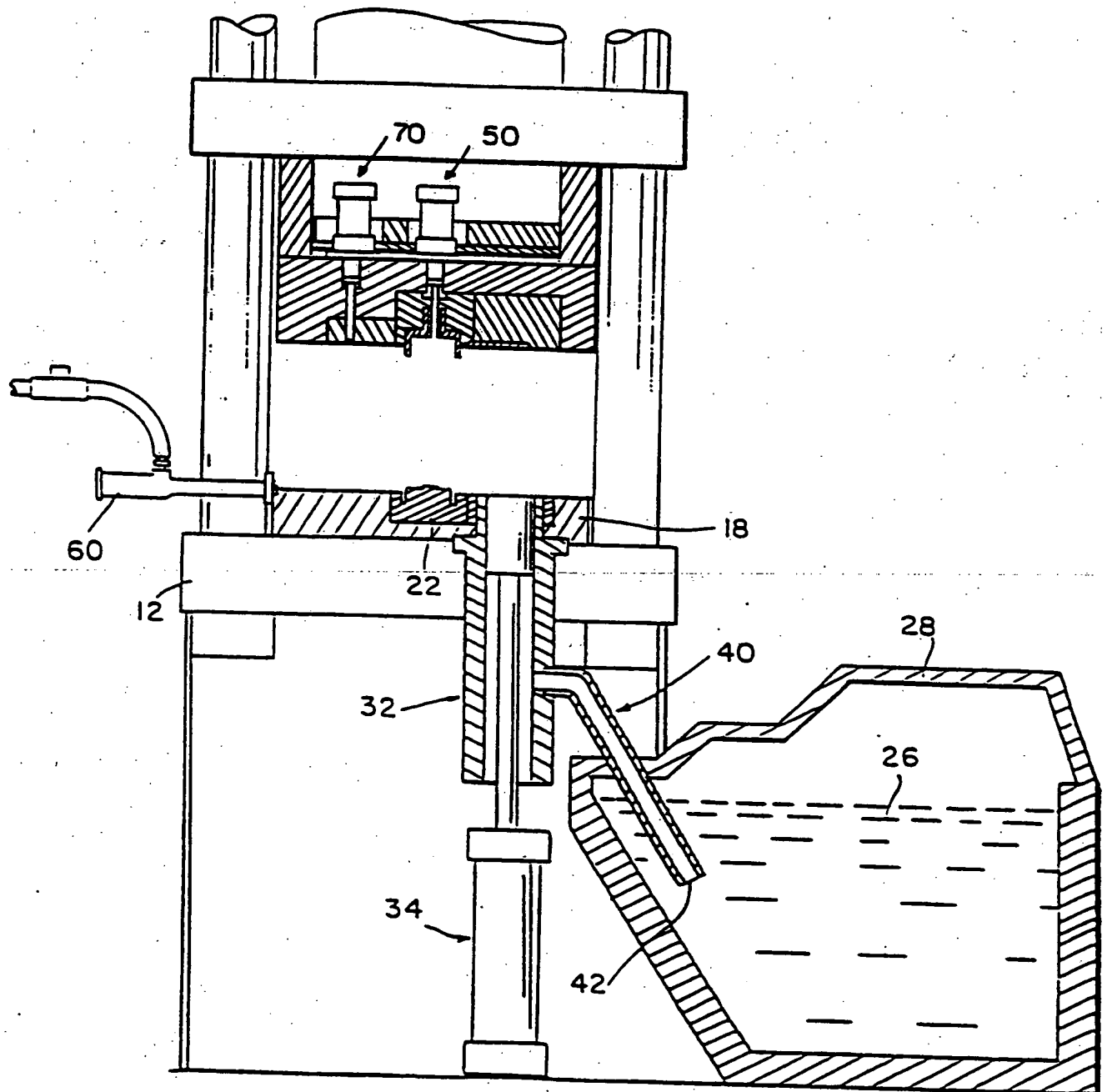
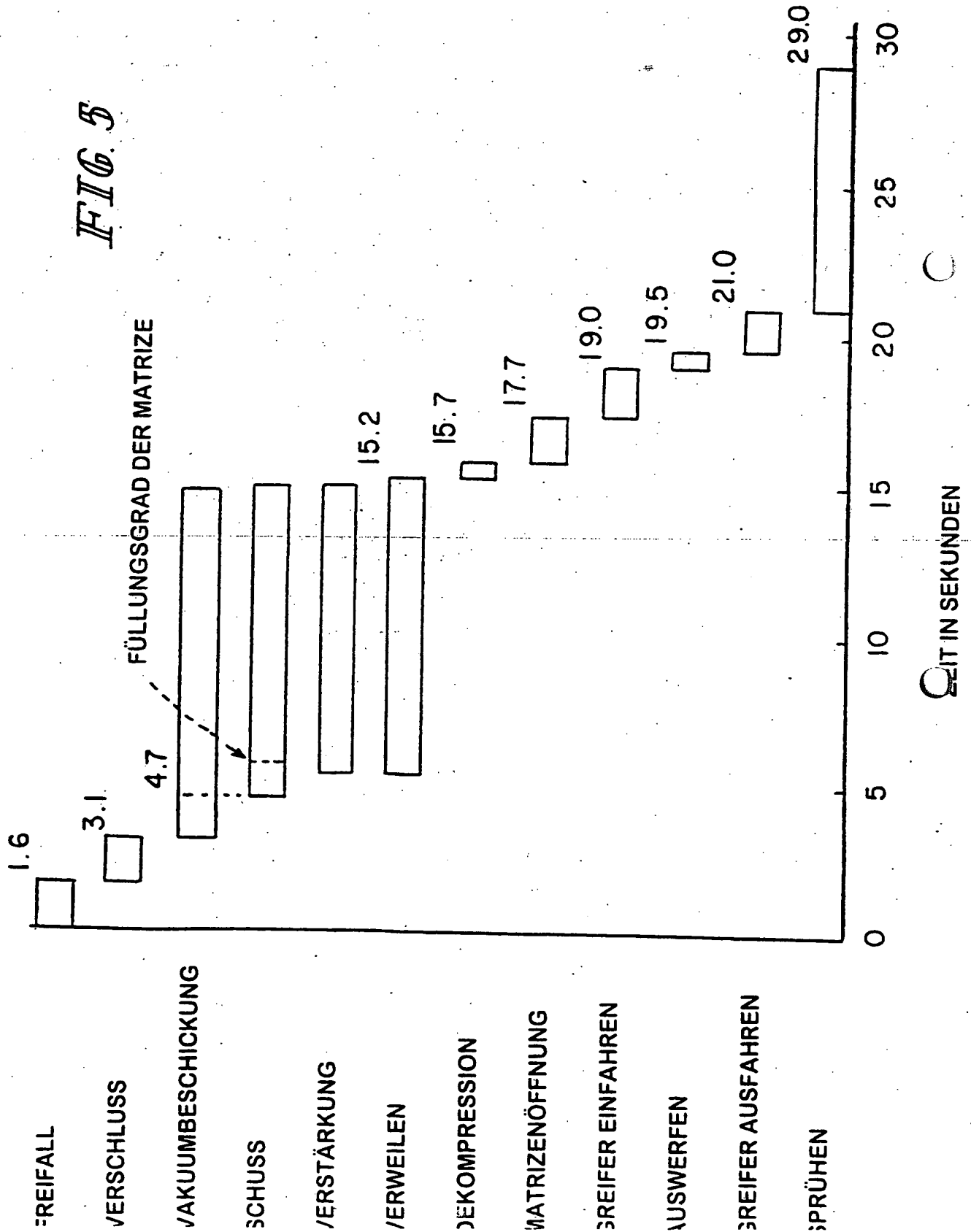


FIG. 4

FIG. 5





**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**